INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 9 Srl
Via del Bosco Rinnovato, 6
20057 Assago (Milano)

Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi del Titolo III del D.Lgs 152/2006

Report di calcolo Fotovoltaico

Data Centre MIL09
Via Marco Polo, 2
Melzo (MI)

Documento: 3989 ES A RE 02 -
Report di calcolo Fotovoltaico

Data
06/06/2025

Il Tecnico

Ing. Roberto Cereda
Lombardini22 SpA

Firmato digitalmente da:
Roberto Cereda
Data: 01/08/2025 11:01:38

PROGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
DI POTENZA NOMINALE PARI A 676,4 kW
DENOMINATO
3989 MIL09

SITO NEL COMUNE DI
Melzo
Via Marco Polo 2
20066 - Città metropolitana di Milano

COMMITTENTE:

Infrastructure Land Italia 9 S.r.l.
Assago
Via del Bosco Rinnovato, 6 - Palazzo U4 20057 - Milano

Allegati:

- *Schema unifilare dell'impianto*;
- *Schema Planimetrico.*

DATA
06/06/2025

IL TECNICO
Cereda Roberto
Lombardini22 S.p.A.

SOMMARIO

DATI GENERALI DELL'IMPIANTO 4
SITO DI INSTALLAZIONE 4
DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO 4
DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO 5
EMISSIONI 5
RADIAZIONE SOLARE 6
ESPOSIZIONI 7
Gantry Right 13
GRUPPO DI CONVERSIONE 13
DIMENSIONAMENTO 16
Cavi elettrici e cablaggi 17
Quadri elettrici 17
VERIFICHE 18
Gantry Left 19
GRUPPO DI CONVERSIONE 19
DIMENSIONAMENTO 22
Cavi elettrici e cablaggi 23
Quadri elettrici 23
VERIFICHE 24
Roof Top 25
GRUPPO DI CONVERSIONE 25
DIMENSIONAMENTO 27
Cavi elettrici e cablaggi 28
Quadri elettrici 29
VERIFICHE 30
Admin Block 31
GRUPPO DI CONVERSIONE 31
DIMENSIONAMENTO 34
Cavi elettrici e cablaggi 35
Quadri elettrici 35
VERIFICHE 36
PLANIMETRIA DELL'IMPIANTO 37
SCHEMA UNIFILARE DELL'IMPIANTO 38
RIFERIMENTI NORMATIVI 39
CONCLUSIONI 41

DATI GENERALI DELL'IMPIANTO

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica, avente una potenza nominale di 676,4 kW e potenza di picco di 757,9 kWp.

COMMITTENTE	
Committente:	Infrastructure Land Italia 9 S.r.l.
Indirizzo:	Via del Bosco Rinnovato, 6 - Palazzo U4 20057 - Assago
Codice fiscale/Partita IVA:	
Telefono:	
Fax:	
E-mail:	

SITO DI INSTALLAZIONE

L'impianto 4468 MIL09 presenta le seguenti caratteristiche: Data Centre MIL09.

DATI RELATIVI ALLA LOCALITÀ DI INSTALLAZIONE	
Località:	Melzo 20066 Via Marco Polo 2
Latitudine:	045°29'44"N
Longitudine:	009°24'38"E
Altitudine:	118 m
Fonte dati climatici:	ENEA
Albedo:	0 %

DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

La quantità di energia elettrica producibile sarà calcolata sulla base dei dati radiometrici di cui alla norma ENEA e utilizzando i metodi di calcolo illustrati nella norma UNI 10349-1:2016.
Per gli impianti verranno rispettate le seguenti condizioni *(da effettuare per ciascun "generatore fotovoltaico", inteso come insieme di moduli fotovoltaici con stessa inclinazione e stesso orientamento)*:
in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0,78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Non sarà ammesso il parallelo di stringhe non perfettamente identiche tra loro per esposizione, e/o marca, e/o modello, e/o numero dei moduli impiegati. Ciascun modulo, infine, sarà dotato di diodo di by-pass.
Sarà, inoltre, sempre rilevabile l'energia prodotta (cumulata) e le relative ore di funzionamento.

DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

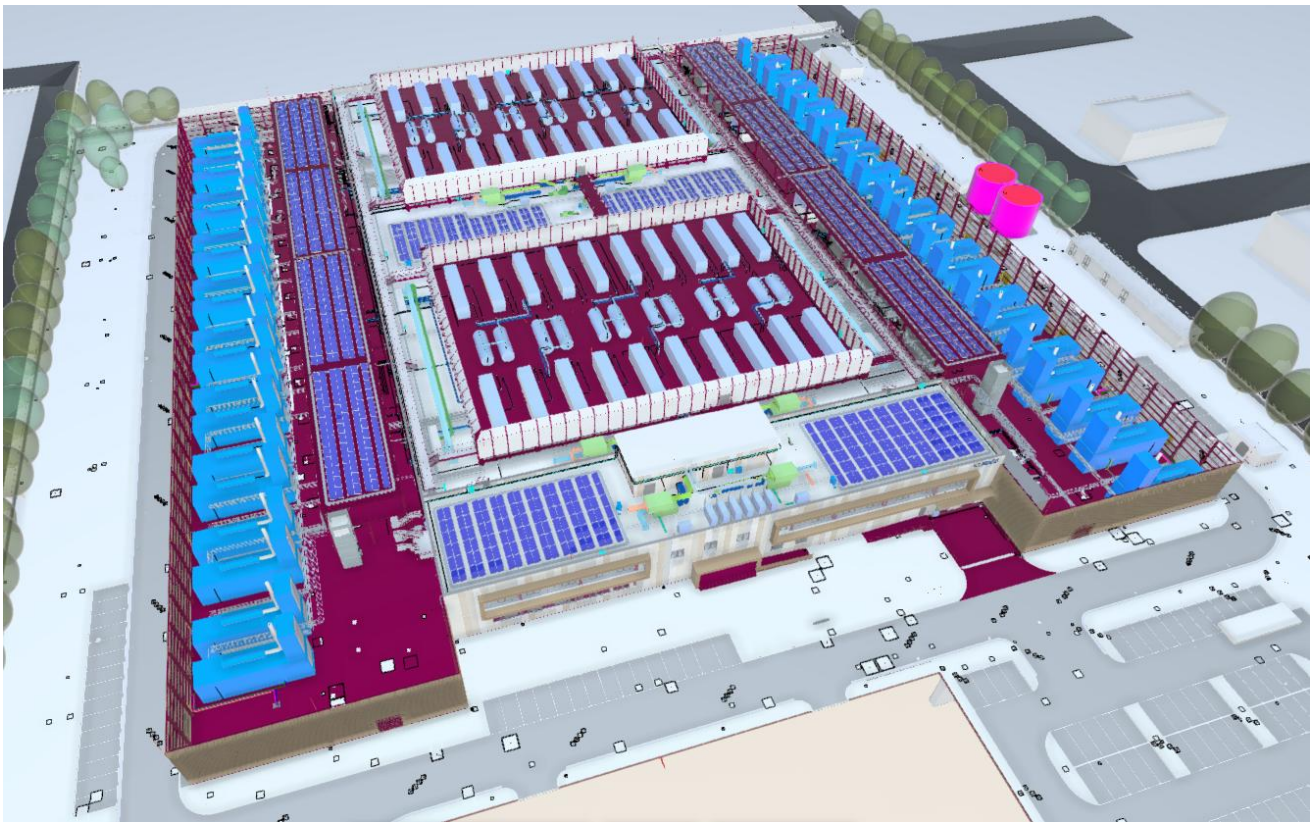
L'impianto fotovoltaico è costituito da n° 4 generatori fotovoltaici composti da n° 1166 moduli fotovoltaici e da n° 15 inverter.
La potenza di picco è di 757,9 kWp per una produzione di 925 573,4 kWh annui distribuiti su una superficie di 3 148,2 m².
Modalità di connessione alla rete Trifase in Media tensione con tensione di fornitura 22 000 V.

EMISSIONI

L'impianto riduce le emissioni inquinanti in atmosfera secondo la seguente tabella annuale:

Equivalenti di produzione termoelettrica	
Anidride solforosa (SO_2):	648,67 kg
Ossidi di azoto (NO_x):	816,60 kg
Polveri:	28,98 kg
Anidride carbonica (CO_2):	482,71 t

Equivalenti di produzione geotermica	
Idrogeno solforato (H_2S) (fluido geotermico):	28,36 kg
Anidride carbonica (CO_2):	5,46 t
Tonnellate equivalenti di petrolio (TEP):	173,08 TEP



RADIAZIONE SOLARE

La valutazione della risorsa solare disponibile è stata effettuata in base alla Norma ENEA, prendendo come riferimento la località che dispone dei dati storici di radiazione solare nelle immediate vicinanze di Melzo.

TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE SUL PIANO ORIZZONTALE

Mese	Totale giornaliero [MJ/m^2]	Totale mensile [MJ/m^2]
Gennaio	5,2	161,2
Febbraio	8	224
Marzo	13,5	418,5
Aprile	17,2	516
Maggio	20,3	629,3
Giugno	22,5	675
Luglio	22,7	703,7
Agosto	19,2	595,2
Settembre	14,3	429
Ottobre	9,7	300,7
Novembre	5,9	177
Dicembre	4,3	133,3

TABELLA PRODUZIONE ENERGIA

Mese	Totale giornaliero [kWh]	Totale mensile [kWh]
Gennaio	1037,047	32148,452
Febbraio	1542,61	43193,086
Marzo	2540,754	78763,379
Aprile	3182,39	95471,697
Maggio	3716,598	115214,532
Giugno	4106,284	123188,521
Luglio	4146,501	128541,54
Agosto	3524,689	109265,362
Settembre	2672,342	80170,266
Ottobre	1858,203	57604,306
Novembre	1168,654	35059,629
Dicembre	869,437	26952,55

ESPOSIZIONI

L'impianto fotovoltaico è composto da 4 generatori distribuiti su 3 esposizioni come di seguito definite:

Descrizione	Tipo installazione	Orient.	Inclin.	Ombr.
Esposizione Sud	Inclinazione fissa	-14,5°	5°	0 %
Esposizione Est	Inclinazione fissa	-104,5°	5°	0 %
Esposizione West	Inclinazione fissa	75,5°	5°	0 %

Esposizione Sud

Esposizione Sud sarà esposta con un orientamento di -14,50° (azimut) rispetto al sud ed avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di 5,00° (tilt).
La produzione di energia dell'esposizione Esposizione Sud è condizionata da alcuni fattori di ombreggiamento che determinano una riduzione della radiazione solare nella misura del 0 %.

DIAGRAMMA DI OMBREGGIAMENTO

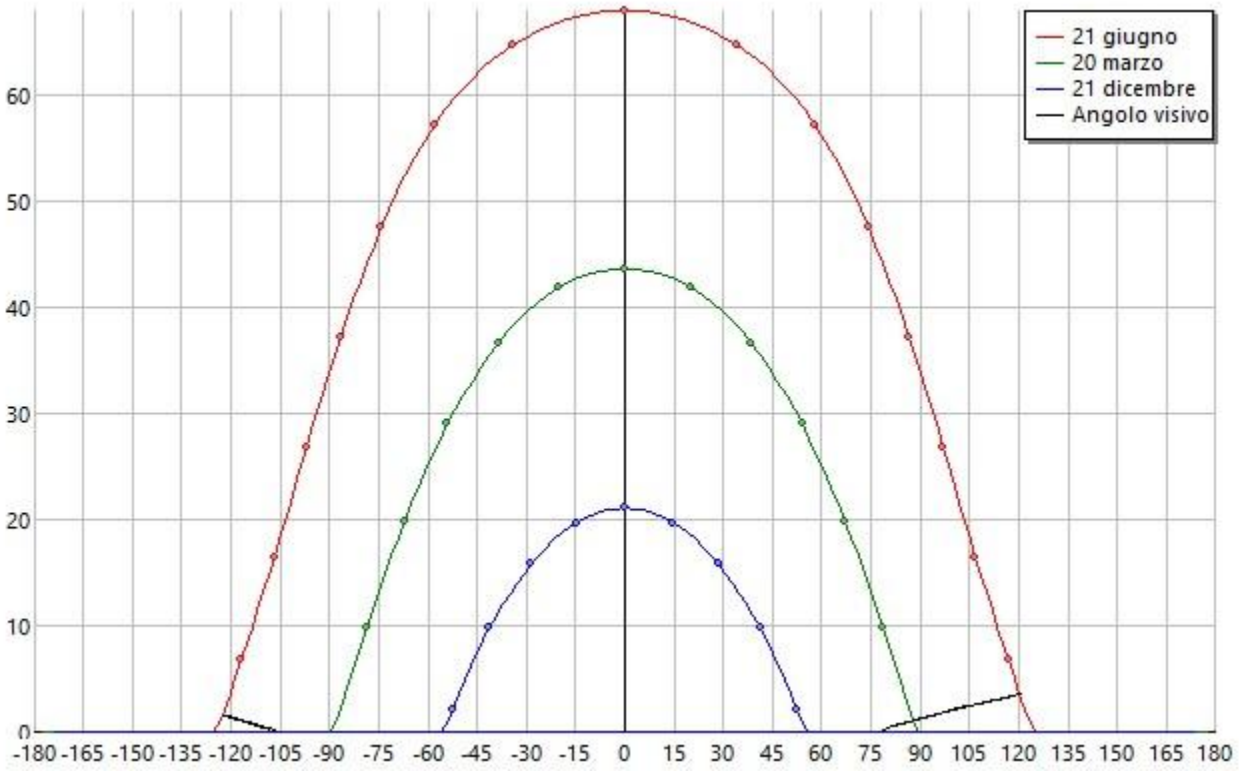


DIAGRAMMA RADIAZIONE SOLARE

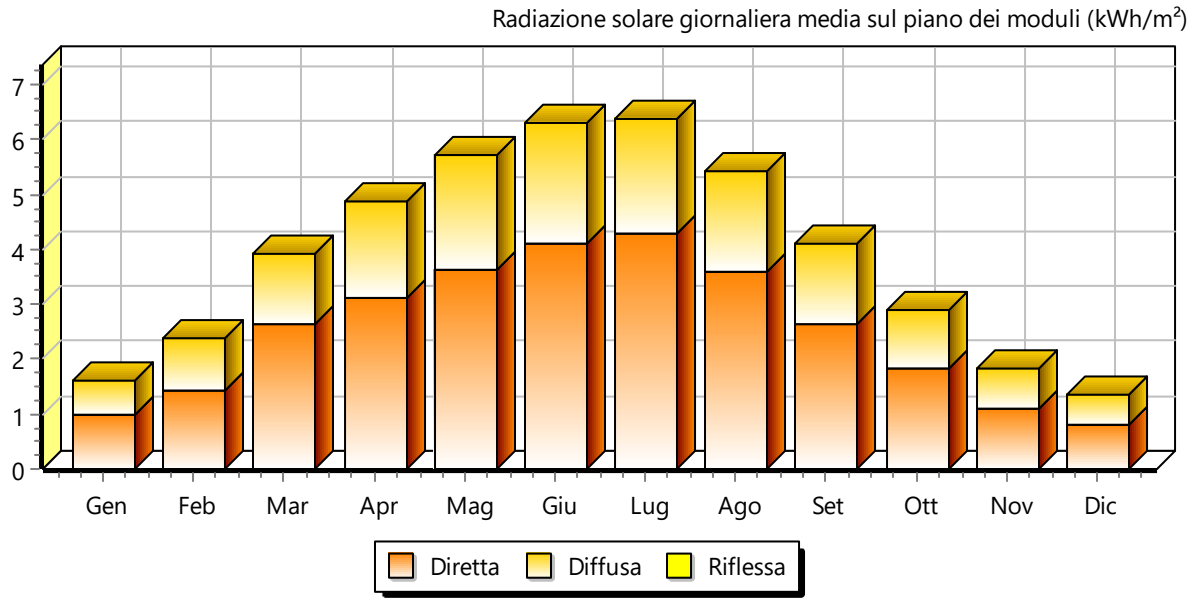


TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE

Mese	Radiazione Diretta [kWh/m²]	Radiazione Diffusa [kWh/m²]	Radiazione Riflessa [kWh/m²]	Totale giornaliero [kWh/m²]	Totale mensile [kWh/m²]
Gennaio	0,973	0,648	0	1,621	50,251
Febbraio	1,447	0,949	0	2,396	67,086
Marzo	2,643	1,297	0	3,939	122,121
Aprile	3,132	1,76	0	4,893	146,786
Maggio	3,62	2,09	0	5,71	177,02
Giugno	4,112	2,194	0	6,306	189,17
Luglio	4,302	2,072	0	6,374	197,585
Agosto	3,586	1,85	0	5,436	168,515
Settembre	2,632	1,485	0	4,118	123,537
Ottobre	1,825	1,056	0	2,881	89,309
Novembre	1,101	0,718	0	1,819	54,568
Dicembre	0,789	0,565	0	1,355	41,993

STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato con inclinazione di 5°, avranno tutti la medesima esposizione. Gli ancoraggi della struttura dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.

Esposizione Est

Esposizione Est sarà esposta con un orientamento di -104,50° (azimut) rispetto al sud ed avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di 5,00° (tilt).
La produzione di energia dell'esposizione Esposizione Est è condizionata da alcuni fattori di ombreggiamento che determinano una riduzione della radiazione solare nella misura del 0 %.

DIAGRAMMA DI OMBREGGIAMENTO

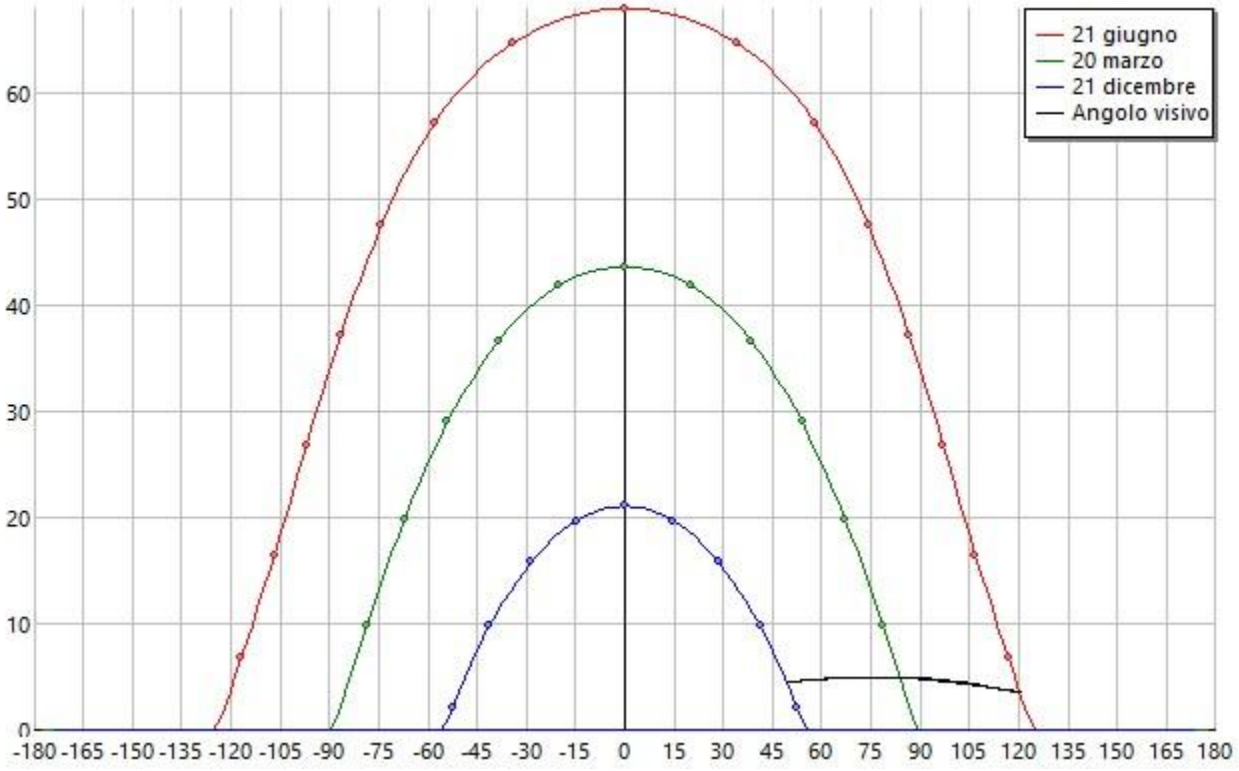


DIAGRAMMA RADIAZIONE SOLARE

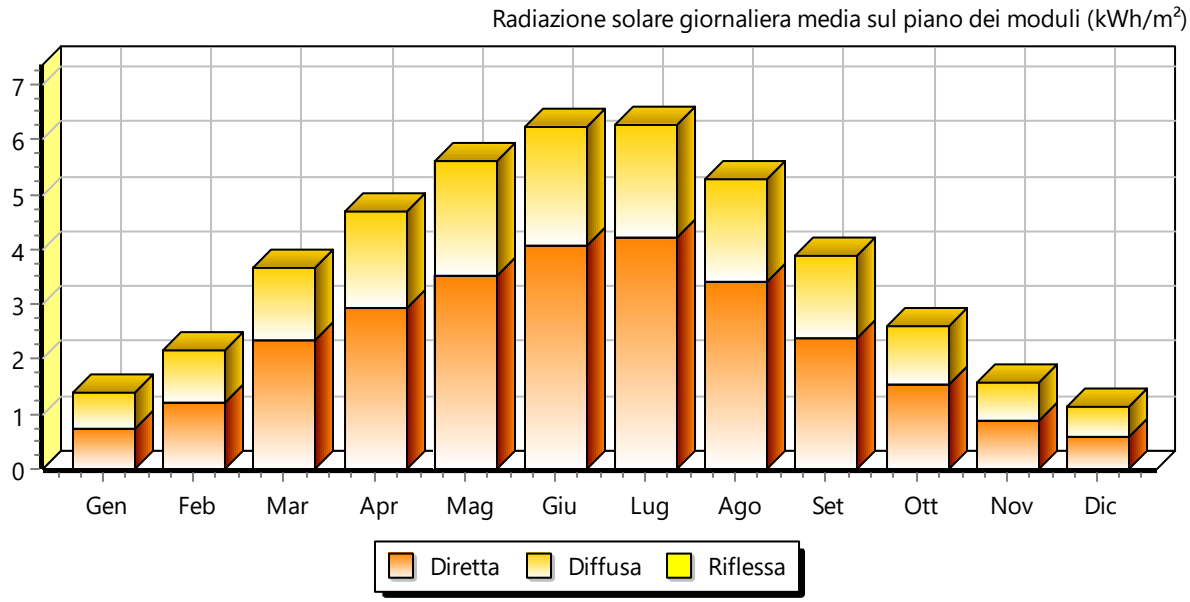


TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE

Mese	Radiazione Diretta [kWh/m²]	Radiazione Diffusa [kWh/m²]	Radiazione Riflessa [kWh/m²]	Totale giornaliero [kWh/m²]	Totale mensile [kWh/m²]
Gennaio	0,743	0,648	0	1,391	43,115
Febbraio	1,202	0,949	0	2,151	60,227
Marzo	2,354	1,297	0	3,65	113,165
Aprile	2,943	1,76	0	4,704	141,113
Maggio	3,519	2,09	0	5,609	173,886
Giugno	4,057	2,194	0	6,251	187,518
Luglio	4,218	2,072	0	6,29	194,987
Agosto	3,422	1,85	0	5,272	163,447
Settembre	2,399	1,485	0	3,885	116,536
Ottobre	1,556	1,056	0	2,611	80,949
Novembre	0,862	0,718	0	1,58	47,404
Dicembre	0,584	0,565	0	1,149	35,634

STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato con inclinazione di 5°, avranno tutti la medesima esposizione. Gli ancoraggi della struttura dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.

Esposizione West

Esposizione West sarà esposta con un orientamento di 75,50° (azimut) rispetto al sud ed avrà un'inclinazione rispetto all'orizzontale di 5,00° (tilt).
La produzione di energia dell'esposizione Esposizione West è condizionata da alcuni fattori di ombreggiamento che determinano una riduzione della radiazione solare nella misura del 0 %.

DIAGRAMMA DI OMBREGGIAMENTO

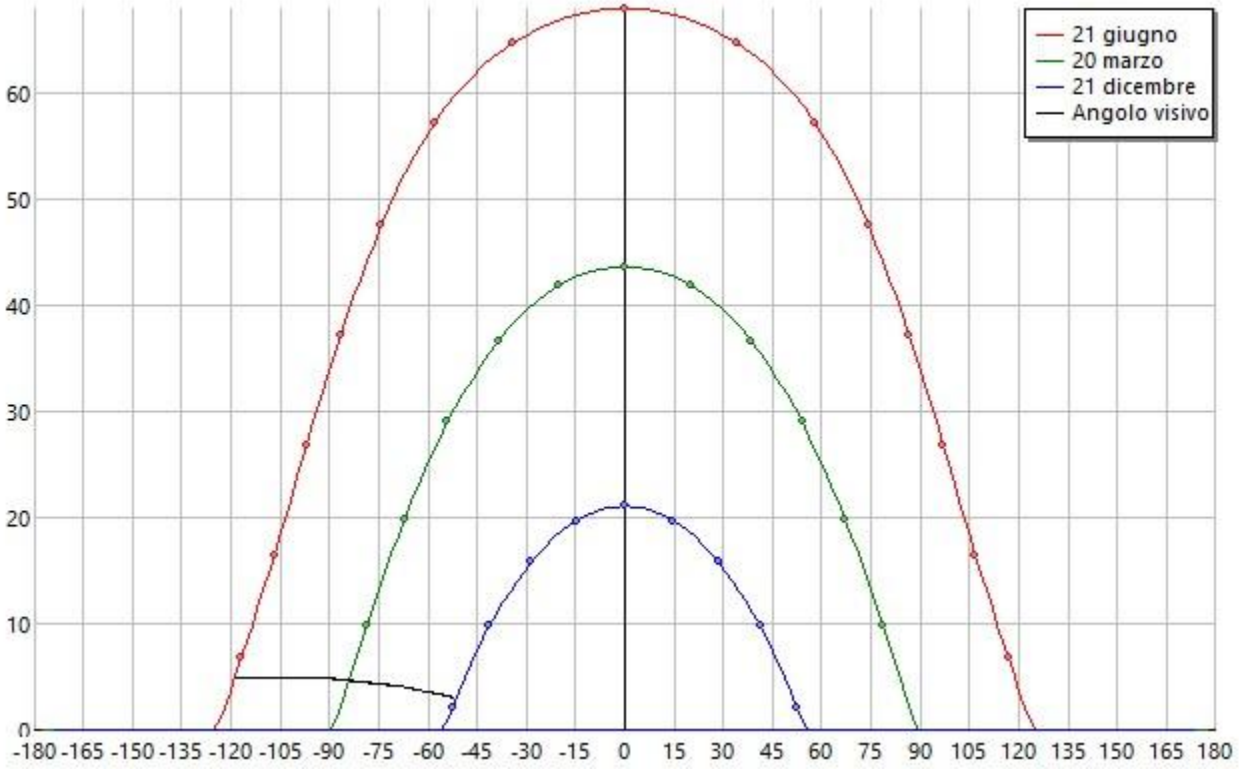


DIAGRAMMA RADIAZIONE SOLARE

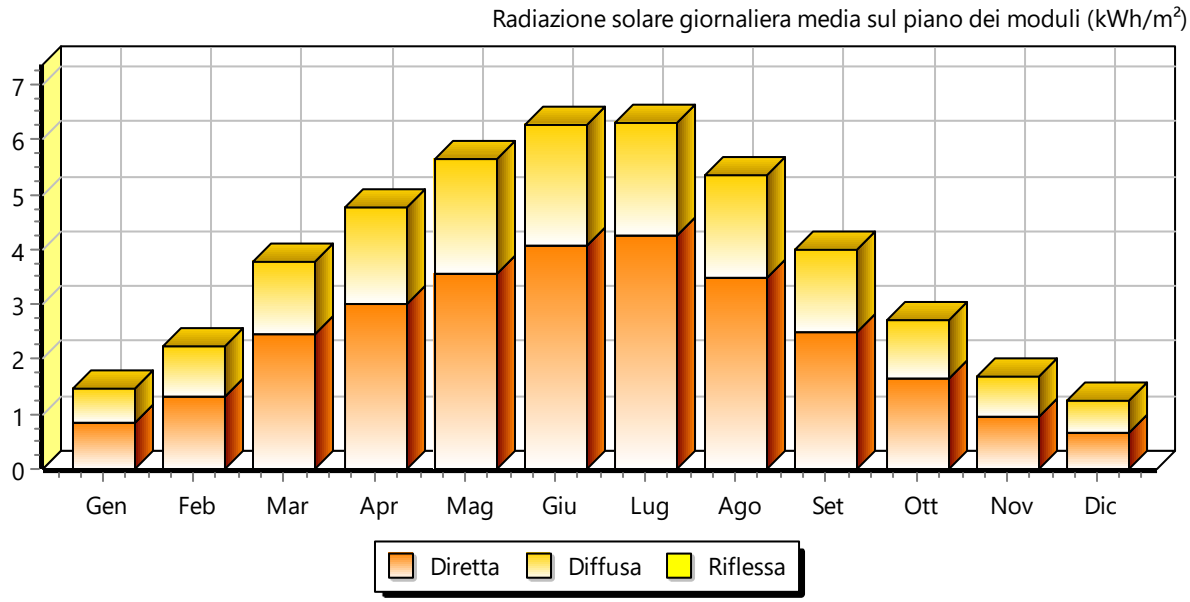


TABELLA DI RADIAZIONE SOLARE

Mese	Radiazione Diretta [kWh/m²]	Radiazione Diffusa [kWh/m²]	Radiazione Riflessa [kWh/m²]	Totale giornaliero [kWh/m²]	Totale mensile [kWh/m²]
Gennaio	0,837	0,648	0	1,485	46,037
Febbraio	1,303	0,949	0	2,252	63,053
Marzo	2,474	1,297	0	3,771	116,893
Aprile	3,023	1,76	0	4,784	143,507
Maggio	3,563	2,09	0	5,653	175,245
Giugno	4,082	2,194	0	6,276	188,271
Luglio	4,255	2,072	0	6,327	196,139
Agosto	3,492	1,85	0	5,342	165,61
Settembre	2,497	1,485	0	3,982	119,461
Ottobre	1,667	1,056	0	2,723	84,405
Novembre	0,96	0,718	0	1,678	50,344
Dicembre	0,668	0,565	0	1,233	38,233

STRUTTURE DI SOSTEGNO

I moduli verranno montati su dei supporti in acciaio zincato con inclinazione di 5°, avranno tutti la medesima esposizione. Gli ancoraggi della struttura dovranno resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.

Il generatore è composto da n° 385 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Numero di moduli:	385
Numero inverter:	4
Potenza nominale:	220 kW
Potenza di picco:	250,25 kWp
Performance ratio:	85,9 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	AIKO
Serie / Sigla:	Comet 2U G-MCH72Mw
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	650 Wp
Rendimento:	24,0 %
Tensione nominale:	45,3 V
Tensione a vuoto:	54,5 V
Corrente nominale:	14,4 A
Corrente di corto circuito:	15,1 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1134 mm x 2382 mm
Peso:	28,2 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).
Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.
Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- Conformità marchio CE.
- Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- Efficienza massima >= 90% al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 4 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore:	FIMER
Serie / Sigla:	PLUS PVI-55.0
Inseguitori:	1
Ingressi per inseguitore:	1
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	55 kW
Potenza massima:	57,8 kW
Potenza massima per inseguitore:	57,8 kW
Tensione nominale:	800 V
Tensione massima:	1000 V
Tensione minima per inseguitore:	485 V
Tensione massima per inseguitore:	800 V
Tensione nominale di uscita:	400 Vac
Corrente nominale:	123 A
Corrente massima:	123 A
Corrente massima per inseguitore:	123 A
Rendimento:	0,95

Inverter 1	**MPPT 1**
Moduli in serie:	14
Stringhe in parallelo:	7

Esposizioni:	Esposizione Sud
Tensione di MPP (STC):	634,3 V
Numero di moduli:	98

Inverter 2	**MPPT 1**
Moduli in serie:	14
Stringhe in parallelo:	7
Esposizioni:	Esposizione Sud
Tensione di MPP (STC):	634,3 V
Numero di moduli:	98

Inverter 3	**MPPT 1**
Moduli in serie:	14
Stringhe in parallelo:	7
Esposizioni:	Esposizione Sud
Tensione di MPP (STC):	634,3 V
Numero di moduli:	98

Inverter 4	**MPPT 1**
Moduli in serie:	13
Stringhe in parallelo:	7
Esposizioni:	Esposizione Sud
Tensione di MPP (STC):	589 V
Numero di moduli:	91

DIMENSIONAMENTO

La potenza di picco del generatore è data da:

P = Pmodulo * N°moduli = 650 Wp * 385 = 250,25 kWp

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m^2]	Energia [kWh]
Esposizione Sud	385	1 427,94	357 342,13

E = En * (1-Disp) = 304453,3 kWh

dove
Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	1,2 %
Perdite per aumento di temperatura:	-2,0 %
Perdite di mismatching:	5,0 %
Perdite in corrente continua:	1,5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	5,0 %
Perdite per conversione:	4,9 %
Perdite totali:	14,8 %

TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	10848,3	10588,7	-2,4 %
Febbraio	14482,6	14184,7	-2,1 %
Marzo	26363,8	25853,7	-1,9 %
Aprile	31688,5	31402,9	-0,9 %
Maggio	38215,6	37861,4	-0,9 %
Giugno	40838,5	40564,0	-0,7 %
Luglio	42655,1	42395,7	-0,6 %
Agosto	36379,5	35869,3	-1,4 %
Settembre	26669,4	26380,6	-1,1 %
Ottobre	19280,2	18895,5	-2,0 %
Novembre	11780,3	11531,1	-2,1 %
Dicembre	9065,5	8925,7	-1,5 %
Anno	308267,3	304453,3	-1,2 %

CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo FG21 se in esterno o FG16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.
Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "–"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.
Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

QUADRI ELETTRICI

- **Quadro di campo lato corrente continua**
  Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

- **Quadro di parallelo lato corrente alternata**
  Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica .

SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.
Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.
Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.
Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.
La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.

SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.
E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

VERIFICHE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0, 78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Gantry Right soddisfa le seguenti condizioni:

Limiti in tensione

Tensione minima Vn a 70,00 °C (518,9 V) maggiore di Vmpp min. (485,0 V)

Tensione massima Vn a -10,00 °C (693,1 V) inferiore a Vmpp max. (800,0 V)

Tensione a vuoto Vo a -10,00 °C (821,8 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto Vo a -10,00 °C (821,8 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a Isc (105,6 A) inferiore alla corrente massima inverter (123,0 A)

Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (110,2%) compreso tra 80,0% e il 120,0% [INV. 1]

Gantry Left

Il generatore è composto da n° 385 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Numero di moduli:	385
Numero inverter:	4
Potenza nominale:	220 kW
Potenza di picco:	250,25 kWp
Performance ratio:	85,9 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	AIKO
Serie / Sigla:	Comet 2U G-MCH72Mw
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	650 Wp
Rendimento:	24,0 %
Tensione nominale:	45,3 V
Tensione a vuoto:	54,5 V
Corrente nominale:	14,4 A
Corrente di corto circuito:	15,1 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1134 mm x 2382 mm
Peso:	28,2 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).
Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.
Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- Conformità marchio CE.
- Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- Efficienza massima >= 90% al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 4 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore:	FIMER
Serie / Sigla:	PLUS PVI-55.0
Inseguitori:	1
Ingressi per inseguitore:	1
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	55 kW
Potenza massima:	57,8 kW
Potenza massima per inseguitore:	57,8 kW
Tensione nominale:	800 V
Tensione massima:	1000 V
Tensione minima per inseguitore:	485 V
Tensione massima per inseguitore:	800 V
Tensione nominale di uscita:	400 Vac
Corrente nominale:	123 A
Corrente massima:	123 A
Corrente massima per inseguitore:	123 A
Rendimento:	0,95

Inverter 1	MPPT 1
Moduli in serie:	14
Stringhe in parallelo:	7
Esposizioni:	Esposizione Sud
Tensione di MPP (STC):	634,3 V
Numero di moduli:	98

Inverter 2	MPPT 1
Moduli in serie:	14
Stringhe in parallelo:	7
Esposizioni:	Esposizione Sud
Tensione di MPP (STC):	634,3 V
Numero di moduli:	98

Inverter 3	MPPT 1
Moduli in serie:	14
Stringhe in parallelo:	7
Esposizioni:	Esposizione Sud
Tensione di MPP (STC):	634,3 V
Numero di moduli:	98

Inverter 4	MPPT 1
Moduli in serie:	13
Stringhe in parallelo:	7
Esposizioni:	Esposizione Sud
Tensione di MPP (STC):	589 V
Numero di moduli:	91

DIMENSIONAMENTO

La potenza di picco del generatore è data da:

P = Pmodulo * N°moduli = 650 Wp * 385 = 250,25 kWp

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m^2]	Energia [kWh]
Esposizione Sud	385	1 427,94	357 342,13

E = En * (1-Disp) = 304457,8 kWh

dove
Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	1,2 %
Perdite per aumento di temperatura:	-2,0 %
Perdite di mismatching:	5,0 %
Perdite in corrente continua:	1,5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	5,0 %
Perdite per conversione:	4,9 %
Perdite totali:	14,8 %

TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	10848,3	10709,8	-1,3 %
Febbraio	14482,6	14303,7	-1,2 %
Marzo	26363,8	25912,0	-1,7 %
Aprile	31688,5	31383,1	-1,0 %
Maggio	38215,6	37816,0	-1,0 %
Giugno	40838,5	40331,5	-1,2 %
Luglio	42655,1	42027,0	-1,5 %
Agosto	36379,5	35833,8	-1,5 %
Settembre	26669,4	26361,8	-1,2 %
Ottobre	19280,2	19079,9	-1,0 %
Novembre	11780,3	11689,1	-0,8 %
Dicembre	9065,5	9010,1	-0,6 %
Anno	308267,3	304457,8	-1,2 %

CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo FG21 se in esterno o FG16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.
Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "–"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.
Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

QUADRI ELETTRICI

- **Quadro di campo lato corrente continua**
  Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

- **Quadro di parallelo lato corrente alternata**
  Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica .

SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.
Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.
Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.
Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.
La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.

SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.
E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

VERIFICHE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0, 78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Gantry Left soddisfa le seguenti condizioni:

Limiti in tensione

Tensione minima Vn a 70,00 °C (518,9 V) maggiore di Vmpp min. (485,0 V)

Tensione massima Vn a -10,00 °C (693,1 V) inferiore a Vmpp max. (800,0 V)

Tensione a vuoto Vo a -10,00 °C (821,8 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1000,0 V)

Tensione a vuoto Vo a -10,00 °C (821,8 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a Isc (105,6 A) inferiore alla corrente massima inverter (123,0 A)

Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (110,2%) compreso tra 80,0% e il 120,0% [INV. 1]

Il generatore è composto da n° 120 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Numero di moduli:	120
Numero inverter:	2
Potenza nominale:	72 kW
Potenza di picco:	78 kWp
Performance ratio:	85,9 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	AIKO
Serie / Sigla:	Comet 2U G-MCH72Mw
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	650 Wp
Rendimento:	24,0 %
Tensione nominale:	45,3 V
Tensione a vuoto:	54,5 V
Corrente nominale:	14,4 A
Corrente di corto circuito:	15,1 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1134 mm x 2382 mm
Peso:	28,2 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).
Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.
Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- Conformità marchio CE.
- Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- Efficienza massima >= 90% al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 2 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore:	HUAWEI
Serie / Sigla:	SUN2000 SUN2000-36KTL
Inseguitori:	4
Ingressi per inseguitore:	2
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	36 kW
Potenza massima:	36,6 kW
Potenza massima per inseguitore:	9,2 kW,9,2 kW,9,2 kW,9,1 kW
Tensione nominale:	620 V
Tensione massima:	1100 V
Tensione minima per inseguitore:	200 V
Tensione massima per inseguitore:	1000 V
Tensione nominale di uscita:	400 Vac
Corrente nominale:	88 A
Corrente massima:	88 A
Corrente massima per inseguitore:	22 A,22 A,22 A,22 A
Rendimento:	0,98

Inverter 1	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4
Moduli in serie:	15	15	15	15
Stringhe in parallelo:	1	1	1	1
Esposizioni:	Esposizione West	Esposizione West	Esposizione West	Esposizione West
Tensione di MPP (STC):	679,7 V	679,7 V	679,7 V	679,7 V
Numero di moduli:	15	15	15	15

Inverter 2	MPPT 1	MPPT 2	MPPT 3	MPPT 4
Moduli in serie:	15	15	15	15
Stringhe in parallelo:	1	1	1	1
Esposizioni:	Esposizione Est	Esposizione Est	Esposizione Est	Esposizione Est
Tensione di MPP (STC):	679,7 V	679,7 V	679,7 V	679,7 V
Numero di moduli:	15	15	15	15

DIMENSIONAMENTO

La potenza di picco del generatore è data da:

P = Pmodulo * N°moduli = 650 Wp * 120 = 78 kWp

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m^2]	Energia [kWh]
Esposizione Est	60	1 357,98	52 961,23
Esposizione West	60	1 387,2	54 100,74

E = En * (1-Disp) = 94962,8 kWh

dove
Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	0,6 %
Perdite per aumento di temperatura:	-2,0 %
Perdite di mismatching:	5,0 %
Perdite in corrente continua:	1,5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	5,0 %
Perdite per conversione:	1,6 %
Perdite totali:	11,3 %

TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	3101,9	3032,1	-2,3 %
Febbraio	4289,3	4267,8	-0,5 %
Marzo	8004,4	8000,7	0,0 %
Aprile	9902,8	9882,1	-0,2 %
Maggio	12147,3	12090,0	-0,5 %
Giugno	13074,8	12993,8	-0,6 %
Luglio	13608,5	13515,1	-0,7 %
Agosto	11448,9	11404,6	-0,4 %
Settembre	8211,1	8208,4	0,0 %
Ottobre	5753,1	5734,6	-0,3 %
Novembre	3400,9	3349,9	-1,5 %
Dicembre	2570,1	2483,7	-3,4 %
Anno	95513,1	94962,8	-0,6 %

CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo FG21 se in esterno o FG16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.
Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "–"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.
Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

QUADRI ELETTRICI

- **Quadro di campo lato corrente continua**
  Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

- **Quadro di parallelo lato corrente alternata**
  Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica .

SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.
Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.
Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.
Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.
La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.

SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.
E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

VERIFICHE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0, 78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Roof Top soddisfa le seguenti condizioni:

Limiti in tensione

Tensione minima Vn a 70,00 °C (598,7 V) maggiore di Vmpp min. (200,0 V)

Tensione massima Vn a -10,00 °C (742,6 V) inferiore a Vmpp max. (1000,0 V)

Tensione a vuoto Vo a -10,00 °C (880,4 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (1100,0 V)

Tensione a vuoto Vo a -10,00 °C (880,4 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a Isc (15,1 A) inferiore alla corrente massima inverter (22,0 A)

Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (106,6%) compreso tra 80,0% e il 120,0% [INV. 1/MPPT 4]

Il generatore è composto da n° 276 moduli del tipo Silicio monocristallino con una vita utile stimata di oltre 20 anni e degradazione della produzione dovuta ad invecchiamento del 0,8 % annuo.

CARATTERISTICHE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO	
Numero di moduli:	276
Numero inverter:	5
Potenza nominale:	164,4 kW
Potenza di picco:	179,4 kWp
Performance ratio:	85,9 %

DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI	
Costruttore:	AIKO
Serie / Sigla:	Comet 2U G-MCH72Mw
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Caratteristiche elettriche	
Potenza massima:	650 Wp
Rendimento:	24,0 %
Tensione nominale:	45,3 V
Tensione a vuoto:	54,5 V
Corrente nominale:	14,4 A
Corrente di corto circuito:	15,1 A
Dimensioni	
Dimensioni:	1134 mm x 2382 mm
Peso:	28,2 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

GRUPPO DI CONVERSIONE

Il gruppo di conversione è composto dai convertitori statici (Inverter).
Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.
Le caratteristiche principali del gruppo di conversione sono:

- Inverter a commutazione forzata con tecnica PWM (pulse-width modulation), senza clock e/o riferimenti interni di tensione o di corrente, assimilabile a "sistema non idoneo a sostenere la tensione e frequenza nel campo normale", in conformità a quanto prescritto per i sistemi di produzione dalla norma CEI 0-21 e dotato di funzione MPPT (inseguimento della massima potenza)
- Ingresso lato cc da generatore fotovoltaico gestibile con poli non connessi a terra, ovvero con sistema IT.
- Rispondenza alle norme generali su EMC e limitazione delle emissioni RF: conformità norme CEI 110-1, CEI 110-6, CEI 110-8.
- Protezioni per la sconnessione dalla rete per valori fuori soglia di tensione e frequenza della rete e per sovracorrente di guasto in conformità alle prescrizioni delle norme CEI 0-21 ed a quelle specificate dal distributore elettrico locale. Reset automatico delle protezioni per predisposizione ad avviamento automatico.
- Conformità marchio CE.
- Grado di protezione adeguato all'ubicazione in prossimità del campo fotovoltaico (IP65).
- Dichiarazione di conformità del prodotto alle normative tecniche applicabili, rilasciato dal costruttore, con riferimento a prove di tipo effettuate sul componente presso un organismo di certificazione abilitato e riconosciuto.
- Campo di tensione di ingresso adeguato alla tensione di uscita del generatore FV.
- Efficienza massima >= 90% al 70% della potenza nominale.

Il gruppo di conversione è composto da 5 inverter.

Dati costruttivi degli inverter	
Costruttore:	FIMER
Serie / Sigla:	R R400
Inseguitori:	1
Ingressi per inseguitore:	1
Caratteristiche elettriche	
Potenza nominale:	34 kW
Potenza massima:	34,6 kW
Potenza massima per inseguitore:	34,6 kW
Tensione nominale:	820 V
Tensione massima:	900 V
Tensione minima per inseguitore:	430 V
Tensione massima per inseguitore:	820 V
Tensione nominale di uscita:	400 Vac
Corrente nominale:	85 A
Corrente massima:	85 A
Corrente massima per inseguitore:	85 A
Rendimento:	0,96

Inverter 1	MPPT 1
Moduli in serie:	12
Stringhe in parallelo:	5
Esposizioni:	Esposizione Sud
Tensione di MPP (STC):	543,7 V
Numero di moduli:	60

Inverter 2	MPPT 1
Moduli in serie:	12
Stringhe in parallelo:	5
Esposizioni:	Esposizione Sud
Tensione di MPP (STC):	543,7 V
Numero di moduli:	60

Inverter 3	MPPT 1
Moduli in serie:	12
Stringhe in parallelo:	5
Esposizioni:	Esposizione Sud
Tensione di MPP (STC):	543,7 V
Numero di moduli:	60

Inverter 4	MPPT 1
Moduli in serie:	12
Stringhe in parallelo:	4
Esposizioni:	Esposizione Sud
Tensione di MPP (STC):	543,7 V
Numero di moduli:	48

Inverter 5	MPPT 1
Moduli in serie:	12
Stringhe in parallelo:	4
Esposizioni:	Esposizione Sud
Tensione di MPP (STC):	543,7 V
Numero di moduli:	48

DIMENSIONAMENTO

La potenza di picco del generatore è data da:

P = Pmodulo * N°moduli = 650 Wp * 276 = 179,4 kWp

L'energia totale prodotta dall'impianto alle condizioni STC (irraggiamento dei moduli di 1000 W/m² a 25°C di temperatura) si calcola come:

Esposizione	N° moduli	Radiazione solare [kWh/m^2]	Energia [kWh]
Esposizione Sud	276	1 427,94	256 172,54

E = En * (1-Disp) = 221699,5 kWh

dove
Disp = Perdite di potenza ottenuta da

Perdite per ombreggiamento:	0,2 %
Perdite per aumento di temperatura:	-2,0 %
Perdite di mismatching:	5,0 %
Perdite in corrente continua:	1,5 %
Altre perdite (sporcizia, tolleranze...):	5,0 %
Perdite per conversione:	4,4 %
Perdite totali:	13,5 %

TABELLA PERDITE PER OMBREGGIAMENTO

Mese	Senza ostacoli [kWh]	Produzione reale [kWh]	Perdita [kWh]
Gennaio	7817,9	7817,9	0,0 %
Febbraio	10436,9	10436,9	0,0 %
Marzo	18999,1	18997,1	0,0 %
Aprile	22836,4	22803,5	-0,1 %
Maggio	27540,1	27447,0	-0,3 %
Giugno	29430,3	29299,3	-0,4 %
Luglio	30739,5	30603,7	-0,4 %
Agosto	26217,0	26157,6	-0,2 %
Settembre	19219,4	19219,4	0,0 %
Ottobre	13894,4	13894,4	0,0 %
Novembre	8489,5	8489,5	0,0 %
Dicembre	6533,1	6533,1	0,0 %
Anno	222153,5	221699,5	-0,2 %

CAVI ELETTRICI E CABLAGGI

Il cablaggio elettrico avverrà per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo FG21 se in esterno o FG16 se in cavidotti su percorsi interrati
- Tipo FS17 se all'interno di cavidotti di edifici

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL.
Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- Conduttore di fase: grigio / marrone
- Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "–"

Come è possibile notare dalle prescrizioni sopra esposte, le sezioni dei conduttori degli impianti fotovoltaici sono sicuramente sovradimensionate per le correnti e le limitate distanze in gioco.
Con tali sezioni la caduta di potenziale viene contenuta entro il 2% del valore misurato da qualsiasi modulo posato al gruppo di conversione.

QUADRI ELETTRICI

- **Quadro di campo lato corrente continua**
  Si prevede di installare un quadro a monte di ogni convertitore per il collegamento in parallelo delle stringhe, il sezionamento, la misurazione e il controllo dei dati in uscita dal generatore.

- **Quadro di parallelo lato corrente alternata**
  Si prevede di installare un quadro di parallelo in alternata all'interno di in una cassetta posta a valle dei convertitori statici per la misurazione, il collegamento e il controllo delle grandezze in uscita dagli inverter. All'interno di tale quadro, sarà inserito il sistema di interfaccia alla rete e il contatore in uscita della Società distributrice dell'energia elettrica .

SEPARAZIONE GALVANICA E MESSA A TERRA

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete; tale separazione può essere sostituita da una protezione sensibile alla corrente continua se la potenza complessiva di produzione non supera i 20 kW.
Soluzioni tecniche diverse da quelle sopra suggerite, sono adottabili, purché nel rispetto delle norme vigenti e della buona regola dell'arte.
Il campo fotovoltaico sarà gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe saranno, costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.
Ai fini della sicurezza, se la rete di utente o parte di essa è ritenuta non idonea a sopportare la maggiore intensità di corrente disponibile (dovuta al contributo dell'impianto fotovoltaico), la rete stessa o la parte interessata dovrà essere opportunamente protetta.
La struttura di sostegno verrà regolarmente collegata all'impianto di terra esistente.

SISTEMA DI CONTROLLO E MONITORAGGIO (SCM)

Il sistema di controllo e monitoraggio, permette per mezzo di un computer ed un software dedicato, di interrogare in ogni istante l'impianto al fine di verificare la funzionalità degli inverter installati con la possibilità di visionare le indicazioni tecniche (Tensione, corrente, potenza etc..) di ciascun inverter.
E' possibile inoltre leggere nella memoria eventi del convertitore tutte le grandezze elettriche dei giorni passati.

VERIFICHE

Al termine dei lavori l'installatore dell'impianto effettuerà le seguenti verifiche tecnico-funzionali:

- corretto funzionamento dell'impianto fotovoltaico nelle diverse condizioni di potenza generata e nelle varie modalità previste dal gruppo di conversione (accensione, spegnimento, mancanza rete, ecc.);
- continuità elettrica e connessioni tra moduli;
- messa a terra di masse e scaricatori;
- isolamento dei circuiti elettrici dalle masse;

L'impianto deve essere realizzato con componenti che in fase di avvio dell'impianto fotovoltaico, il rapporto fra l'energia o la potenza prodotta in corrente alternata e l'energia o la potenza producibile in corrente alternata (determinata in funzione dell'irraggiamento solare incidente sul piano dei moduli, della potenza nominale dell'impianto e della temperatura di funzionamento dei moduli) sia almeno superiore a 0, 78 nel caso di utilizzo di inverter di potenza fino a 20 kW e 0,8 nel caso di utilizzo di inverter di potenza superiore, nel rispetto delle condizioni di misura e dei metodi di calcolo descritti nella medesima Guida CEI 82-25.

Il generatore Admin Block soddisfa le seguenti condizioni:

Limiti in tensione

Tensione minima Vn a 70,00 °C (479,0 V) maggiore di Vmpp min. (430,0 V)

Tensione massima Vn a -10,00 °C (594,1 V) inferiore a Vmpp max. (820,0 V)

Tensione a vuoto Vo a -10,00 °C (704,4 V) inferiore alla tensione max. dell'inverter (900,0 V)

Tensione a vuoto Vo a -10,00 °C (704,4 V) inferiore alla tensione max. di isolamento (1500,0 V)

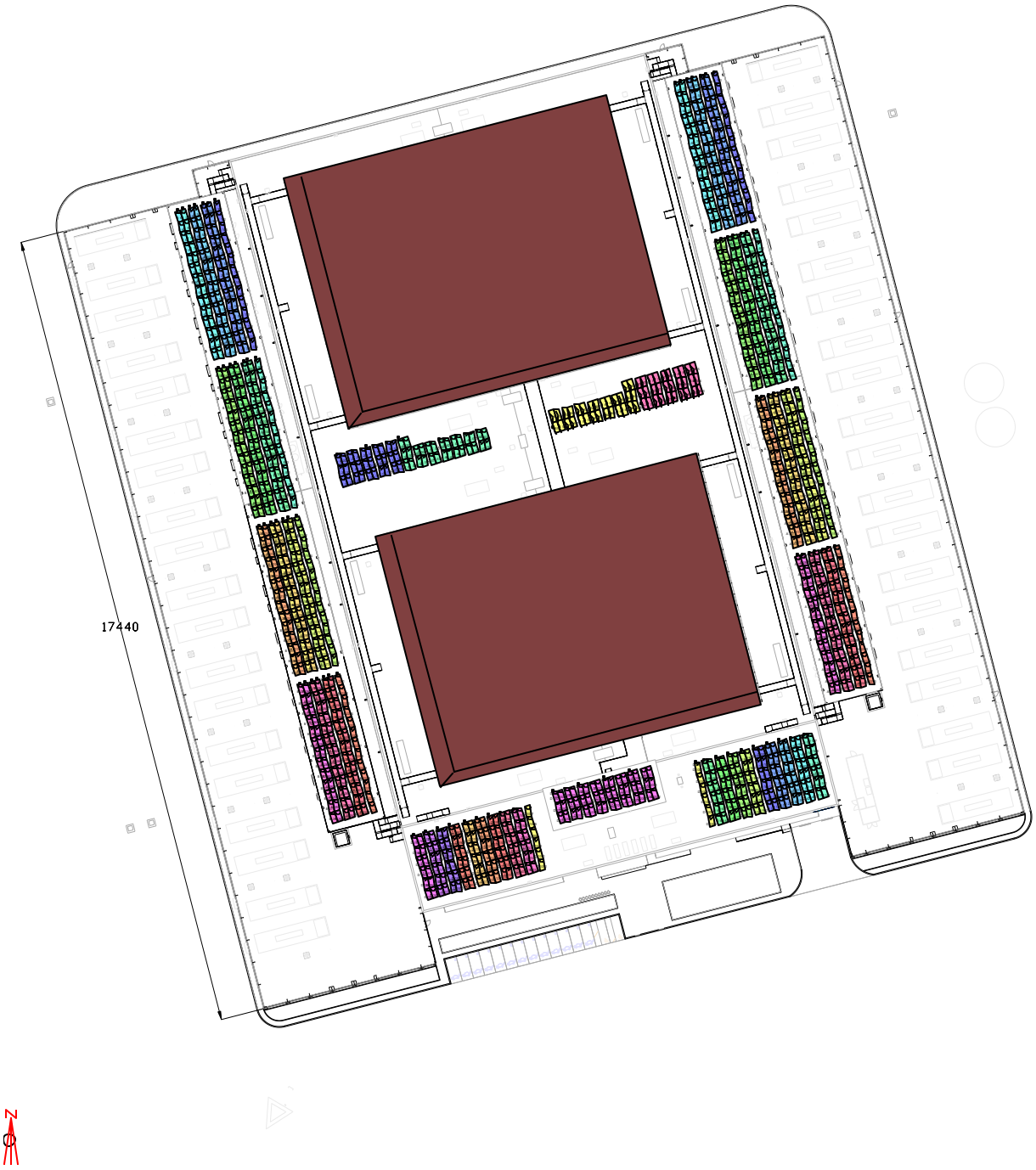
Limiti in corrente

Corrente massima di ingresso riferita a Isc (75,4 A) inferiore alla corrente massima inverter (85,0 A)

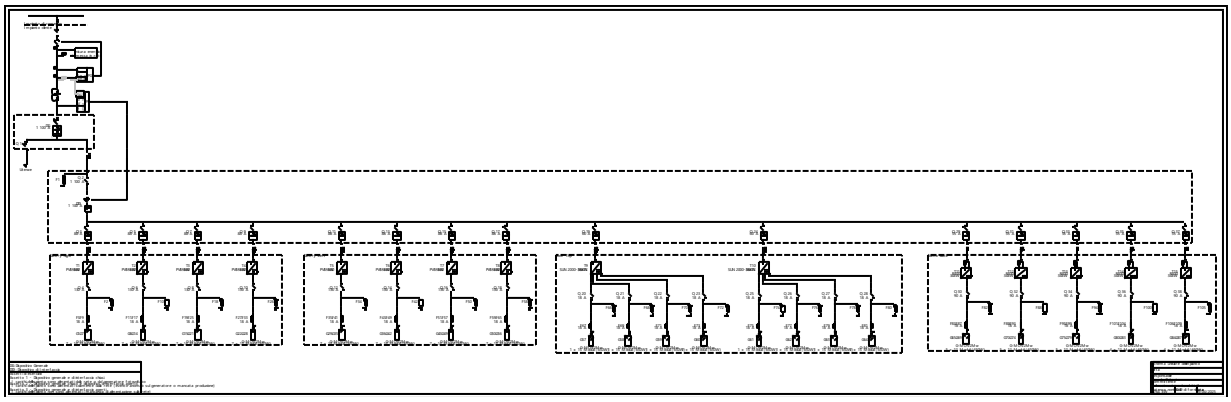
Limiti in potenza

Dimensionamento in potenza (112,9%) compreso tra 80,0% e il 120,0% [INV. 1]

PLANIMETRIA DELL'IMPIANTO



SCHEMA UNIFILARE DELL'IMPIANTO



RIFERIMENTI NORMATIVI

La normativa e le leggi di riferimento da rispettare per la progettazione e realizzazione degli impianti fotovoltaici sono:

1) Moduli fotovoltaici

- CEI EN IEC 61215-1 (CEI 82-58): Moduli fotovoltaici per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo; - Parte 1: Prescrizioni per le prove
- CEI EN IEC 61215-2 (CEI 82-61): Moduli fotovoltaici per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione del tipo; - Parte 2: Procedure di prova
- CEI EN 62108 (CEI 82-30): Moduli e sistemi fotovoltaici a concentrazione (CPV) - Qualifica di progetto e approvazione di tipo;
- CEI EN 61730-1 (CEI 82-27): Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 1: Prescrizioni per la costruzione;
- CEI EN 61730-2 (CEI 82-28): Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 2: Prescrizioni per le prove;
- CEI EN IEC 60904-1 (CEI 82-1): Dispositivi fotovoltaici – Parte 1: Misura delle caratteristiche corrente-tensione
- CEI EN IEC 60904-2 (CEI 82-2): Dispositivi fotovoltaici – Parte 2: Prescrizioni per i dispositivi fotovoltaici di riferimento
- CEI EN IEC 60904-3 (CEI 82-3): Dispositivi fotovoltaici – Parte 3: Principi di misura per dispositivi solari fotovoltaici (FV) per uso terrestre, con spettro solare di riferimento
- CEI EN IEC 60904-4 (CEI 82-32): Dispositivi fotovoltaici – Parte 4: Dispositivi di riferimento fotovoltaici - Procedure per stabilire la tracciabilità della taratura
- CEI EN IEC 60904-5 (CEI 82-10): Dispositivi fotovoltaici – Parte 5: Determinazione della temperatura equivalente di cella (ECT) di dispositivi fotovoltaici con il metodo della tensione a circuito aperto
- CEI EN IEC 60904-7 (CEI 82-13): Dispositivi fotovoltaici – Parte 7: Calcolo della correzione dell'errore di disadattamento fra le risposte spettrali nelle misure di dispositivi fotovoltaici
- CEI EN IEC 60904-8 (CEI 82-19): Dispositivi fotovoltaici – Parte 8: Misura della risposta spettrale di un dispositivo fotovoltaico (FV)
- CEI EN IEC 60904-9 (CEI 82-29): Dispositivi fotovoltaici – Parte 9: Classificazione delle caratteristiche dei simulatori solari
- CEI EN IEC 60904-10 (CEI 82-36): Dispositivi fotovoltaici – Parte 10: Metodi di misura della dipendenza lineare e della linearità
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI UNI EN ISO/IEC 17025 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.

2) Altri componenti degli impianti fotovoltaici

- CEI EN IEC 62093 (CEI 82-24): Componenti di sistemi fotovoltaici - moduli esclusi (BOS) – Qualifica di progetto in condizioni ambientali naturali;
- CEI EN 50524 (CEI 82-34) Fogli informativi dei convertitori fotovoltaici;
- CEI EN 50530/A1 (CEI 82-35;V1) Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica;
- CEI EN 62116 (CEI 82-41) Procedura di prova delle misure di prevenzione dell'isola elettrica per inverter di sistemi FV interagenti con la rete pubblica

3) Progettazione fotovoltaica

- CEI 82-25/1 (CEI 82-25): Guida alla progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di generazione fotovoltaica - Parte 1: Generalità - Acronimi, Definizioni e Principali Leggi, Deliberazioni e Norme

- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- UNI 10349-1:2016: Riscaldamento e raffrescamento degli edifici. Dati climatici;

4) Impianti elettrici e fotovoltaici

- CEI EN 61724 (CEI 82-15): Rilievo delle prestazioni dei sistemi fotovoltaici - Linee guida per la misura, lo scambio e l'analisi dei dati;
- CEI EN 62446-1 (CEI 82-46): Sistemi fotovoltaici (FV) - Prescrizioni per le prove, la documentazione e la manutenzione Parte 1: Sistemi fotovoltaici collegati alla rete elettrica - Documentazione, prove di accettazione e verifica ispettiva
- CEI EN 62446-2 (CEI 82-84): Sistemi fotovoltaici (FV) - Prescrizioni per le prove, la documentazione e la manutenzione Parte 2: Sistemi collegati alla rete elettrica - Manutenzione di sistemi fotovoltaici
- CEI 64-8 Ed. 2024: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- CEI EN 60898-1 (CEI 23-145) 2019: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2) 2007: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua.
- CEI EN IEC 60445 (CEI 16-2): Principi fondamentali e di sicurezza per l'interfaccia uomo-macchina, la marcatura e l'identificazione - Identificazione dei morsetti delle apparecchiature, delle estremità dei conduttori e dei conduttori
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN CEI EN IEC 61000-3-2 (CEI 110-31) Compatibilità elettromagnetica (EMC) Parte 3-2: Limiti - Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso <= 16 A per fase)
- CEI EN IEC 62053-21 (CEI 13-43): Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) – Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
- CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparato di misura (indici di classe A, B e C)
- CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparati per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C);
- CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1): Protezione contro i fulmini, Parte 1: Principi generali
- CEI 81-3;Ab: Valori medi del numero dei fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato dei Comuni d'Italia, in ordine alfabetico
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;
- CEI EN 61439-3 (CEI 17-116): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) - Parte 3: Quadri di distribuzione destinati ad essere utilizzati da persone comuni (DBO
- CEI EN 50525-1/A1 (CEI 20-107) Cavi elettrici - Cavi energia con tensione nominale non superiore a 450/750 V (U0/U) Parte 1: Prescrizioni generali
- CEI 20-91 2010: Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carring capacities.
- IEC 60364-5-52 IIIa Ed. 2009: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35016 2016: Classe di Reazione al fuoco dei cavi in relazione al Regolamento EU "Prodotti da Costruzione" (305/2011).
- CEI UNEL 35023 2020: Cavi di energia per tensione nominale U uguale ad 1 kV - Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 2020: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.

Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.

- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.

5) Connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica;
- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica;

Per la connessione degli impianti fotovoltaici alla rete elettrica si applica quanto prescritto nella deliberazione n. 99/08 (Testi integrato delle connessioni attive) dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas e successive modificazioni. Si applicano inoltre, per quanto compatibili con le norme sopra citate, i documenti tecnici emanati dai gestori di rete.

CONCLUSIONI

Dovranno essere emessi e rilasciati dall'installatore i seguenti documenti:

- manuale di uso e manutenzione, inclusivo della pianificazione consigliata degli interventi di manutenzione;
- progetto esecutivo in versione "come costruito", corredato di schede tecniche dei materiali installati;
- dichiarazione attestante le verifiche effettuate e il relativo esito;
- dichiarazione di conformità ai sensi del DM 37/2008;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità alla norma CEI EN 61215, per moduli al silicio cristallino, e alla CEI EN 61646 per moduli a film sottile;
- certificazione rilasciata da un laboratorio accreditato circa la conformità del convertitore c.c./c.a. alle norme vigenti;
- certificati di garanzia relativi alle apparecchiature installate;
- garanzia sull'intero impianto e sulle relative prestazioni di funzionamento.

La ditta installatrice, oltre ad eseguire scrupolosamente quanto indicato nel presente progetto, dovrà eseguire tutti i lavori nel rispetto della REGOLA DELL'ARTE.